

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000234534 A**

(43) Date of publication of application: **29.08.00**

(51) Int. Cl. **F02D 13/02**
F01L 9/04
F02D 41/20
F16K 31/06

(21) Application number: **11355106**

(22) Date of filing: **14.12.99**

(30) Priority: **17.12.98 JP 10359591**

(71) Applicant: **NISSAN MOTOR CO LTD**

(72) Inventor: **KAWABE TAKETOSHI**
YONEKURA KOICHIRO
TANIGUCHI YASUHIRO

(54) **CONTROL DEVICE FOR
ELECTROMAGNETICALLY DRIVEN VALVE**

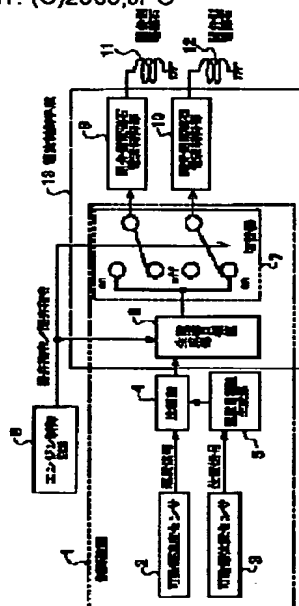
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a control device for an electromagnetically driven valve whose movable part or valve is not struck against a displacement end.

SOLUTION: Speed and position of a movable part are sensed respectively by a movable part speed sensor 2 and a movable part position sensor 3. A speed target value generated by a speed target value generation part 5 is compared with a speed signal generated by a movable part speed sensor 2 by means of a comparator 4 according to the position signal generated by a target speed generation part 5. According to the comparison result, a target current generation part 6 generates target current to be supplied to an electromagnet. The target current is transmitted to a valve opening side electromagnet current control part 9 or a valve closing side electromagnet current control part 10 through a switcher 7. Current in a valve closing side electromagnet 11 or a valve opening side

electromagnet 12 is controlled by PWM control according to the target current. The speed of the movable part is controlled to be zero immediately before the displacement end.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-234534
(P2000-234534A)

(43)公開日 平成12年8月29日(2000.8.29)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
F 0 2 D 13/02		F 0 2 D 13/02	G
F 0 1 L 9/04		F 0 1 L 9/04	Z
F 0 2 D 41/20	3 2 0	F 0 2 D 41/20	3 2 0
F 1 6 K 31/06	3 1 0	F 1 6 K 31/06	3 1 0 A
	3 2 0		3 2 0 A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

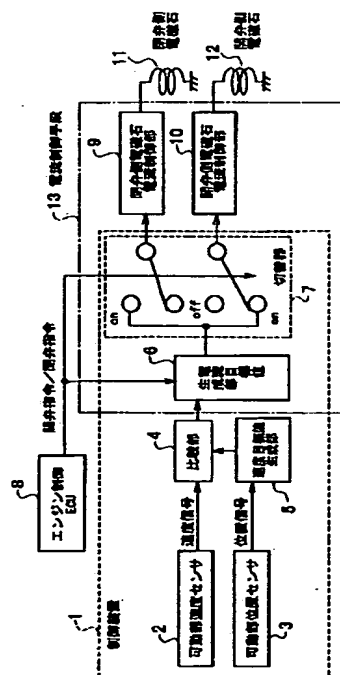
(21)出願番号	特願平11-355106	(71)出願人	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22)出願日	平成11年12月14日(1999.12.14)	(72)発明者	川邊 武俊 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平10-359591	(72)発明者	米倉 光一郎 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
(32)優先日	平成10年12月17日(1998.12.17)	(72)発明者	谷口 育宏 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
(33)優先権主張国	日本 (J P)	(74)代理人	100083806 弁理士 三好 秀和 (外8名)

(54)【発明の名称】 電磁駆動弁の制御装置

(57)【要約】

【課題】 可動子又は弁が変位端に衝突しない電磁駆動弁の制御装置を提供する。

【解決手段】 図示されない可動部の速度、位置をそれぞれ可動部速度センサ2、可動部位置センサ3で検出する。可動部位置センサ3が検出した位置信号に応じて速度目標値生成部5が生成した速度目標値と可動部速度センサ2が検出した速度信号とを比較部4が比較し、比較結果に応じて電流目標値生成部6が電磁石に通電すべき電流目標値を生成する。電流目標値は切替器7を介して閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10に伝えられ、電流目標値に応じたPWM制御により閉弁側電磁石11または開弁側電磁石12の電流が制御されることにより、変位端の直前で可動子の速度が0となるように制御される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 電磁石と、該電磁石により駆動される可動子と、該可動子により駆動される弁とを備えた電磁駆動弁を制御する電磁駆動弁の制御装置であって、前記可動子または弁である可動部の位置を検出する位置検出手段と、

前記可動部の速度を検出または推定する速度検出手段と、

前記可動部の位置に応じて前記可動部の速度目標値を生成する速度目標値生成手段と、

前記検出された速度と前記生成された速度目標値とを比較する比較手段と、該比較手段の比較結果に応じて前記電磁石に通電する電流値を制御する電流制御手段と、を備えたことを特徴とする電磁駆動弁の制御装置。

【請求項2】 前記速度目標値は、該動弁装置の基準点から前記可動子までの距離の関数である速度目標関数として生成され、該速度目標関数は、前記距離が第1の所定値のとき、前記可動部の検出された速度に概略等しい第1の関数値となり、かつ前記距離が基準点から前記電磁石までの距離にほぼ等しい値である第2の所定値のとき、概略0である第2の関数値となり、さらに前記距離が第1及び第2の所定値以外のとき、前記速度目標関数値は、前記第1の関数値と前記第2の関数値とを内挿もしくは外挿して得られることを特徴とする請求項1記載の電磁駆動弁の制御装置。

【請求項3】 前記距離の第2の所定値における前記第2の関数値は、0であることを特徴とする請求項2記載の電磁駆動弁の制御装置。

【請求項4】 前記距離が第2の所定値より小さいとき、速度目標関数値は恒に0であることを特徴とする請求項3記載の電磁駆動弁の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁駆動弁の制御装置に係り、特に、可動子または弁の位置に応じて速度制御を行う電磁駆動弁の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】内燃機関の吸排気弁の駆動方式において、従来のカムにより弁体を駆動するカム駆動方式に代えて、電磁力により弁体を駆動する電磁駆動弁が提案されている。この電磁駆動弁によれば、弁体駆動用のカム機構が不要となることに加えて、内燃機関の動作状態に応じて吸排気弁の開閉時期を容易に最適化することができ、内燃機関の出力向上及び燃費の向上を図ることができる。

【0003】このような電磁駆動弁の従来技術としては、特開平10-205314号公報記載の「ガス交換弁の電磁弁駆動部を制御する方法」（以下、第1従来技術）、特開平10-220622号公報記載の「幅の狭い構造の電磁式アクチュエータ」（以下、第2従来技

2

術）が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般に電磁駆動弁では、弁もしくは可動部の一部が開弁時および最大開弁時に電磁石と衝突する。そのため衝突時に騒音が発生する。また可動部や電磁石部分の強度を衝突に耐えるものとする、電磁駆動弁として重量が増加したり、大きな駆動電力を必要としたりする。

【0005】このため第1従来技術、第2従来技術では電磁石の形状を変え、可動部と電磁石とが接触しない位置で磁力が最大となり、可動部が電磁石と衝突する前に停止保持される電磁駆動弁が開示されている。

【0006】しかしながら、第1従来技術、第2従来技術の方法で、可動部を電磁石と衝突する前に停止保持するには大きな磁力を発生させることが必要であり、電磁石磁気回路の大型化や駆動電力の大電力化を招きやすいという問題点があった。

【0007】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、電磁駆動弁の開閉弁時の可動部と電磁石との衝突を無くし騒音を低減するとともに、電磁石磁気回路を小型化し、その駆動電力を低減することのできる電磁駆動弁の制御装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の本発明は、上記課題を解決するため、電磁石と、該電磁石により駆動される可動子と、該可動子により駆動される弁とを備えた電磁駆動弁を制御する電磁駆動弁の制御装置であって、前記可動子または弁である可動部の位置を検出する位置検出手段と、前記可動部の速度を検出または推定する速度検出手段と、前記可動部の位置に応じて前記可動部の速度目標値を生成する速度目標値生成手段と、前記検出された速度と前記生成された速度目標値とを比較する比較手段と、該比較手段の比較結果に応じて前記電磁石に通電する電流値を制御する電流制御手段と、を備えたことを要旨とする電磁駆動弁の制御装置である。

【0009】また請求項2記載の本発明は、請求項1記載の電磁駆動弁の制御装置において、前記速度目標値は、該動弁装置の基準点から前記可動子までの距離の関数である速度目標関数として生成され、該速度目標関数は、前記距離が第1の所定値のとき、前記可動部の検出された速度に概略等しい第1の関数値となり、かつ前記距離が基準点から前記電磁石までの距離にほぼ等しい値である第2の所定値のとき、概略0である第2の関数値となり、さらに前記距離が第1及び第2の所定値以外のとき、前記速度目標関数値は、前記第1の関数値と前記第2の関数値とを内挿もしくは外挿して得られることを要旨とする。

【0010】また請求項3記載の本発明は、請求項2記載の電磁駆動弁の制御装置において、前記距離の第2の

50

3

所定値における前記第2の関数値は、0であることを要旨とする。また請求項4記載の本発明は、請求項3記載の電磁駆動弁の制御装置において、前記距離が第2の所定値より小さいとき、速度目標関数値は恒に0であることを要旨とする。

【0011】上記構成による本発明においては、電磁石と可動部が衝突する直前に可動部を停止させるために、可動部の位置に応じて可動部の速度を制御する。すなわち、可動部が所定の停止位置に近づくにつれ可動部の速度を徐々に小さくし、所定の停止位置において丁度ゼロとなるように、電磁石の駆動電流を制御している。

【0012】

【発明の効果】請求項1記載の本発明によれば、位置検出手段が検出した可動部の位置に応じて速度目標値生成手段が生成した速度目標値と、速度検出手段が検出した可動部の速度目標値との比較結果に応じて、電磁石に通電する電流値を電流制御手段により制御することにより、可動部の位置に応じた所望の速度制御を行うことができるので、可動部の変位端における衝突を回避し騒音を低減することができるとともに電磁石磁気回路の大型化を回避し駆動電力の削減を図ることができる。

【0013】請求項2記載の本発明によれば、請求項1記載の発明の効果に加えて、前記速度目標値は、動弁装置の基準点から前記可動子までの距離の関数である速度目標関数として生成され、該速度目標関数は、前記距離が第1の所定値のとき、前記可動部の検出された速度に概略等しい第1の関数値となり、かつ前記距離が基準点から前記電磁石までの距離にはほぼ等しい値である第2の所定値のとき、概略0である第2の関数値となるように設定されているので、速度制御の開始時には、計測された可動部の速度と速度目標値とは一致していることにより、電磁石に通電する電流は、高速に立ち上がる必要はなく、電磁石のインダクタンスに対して特に高電圧の駆動電源を必要とすることはなくなるとともに、変位端において可動部の速度がほぼ0となるように制御することができるので、当接速度を極めて小さくし衝突を避けることができる。

【0014】さらに前記距離が第1及び第2の所定値以外のとき、前記速度目標関数値は、前記第1の関数値と前記第2の関数値とを内挿もしくは外挿して得られるようにしているので、所定の距離以外の速度目標値を簡単な計算で算出することができる。

【0015】請求項3記載の本発明によれば、請求項2記載の発明の効果に加えて、前記距離の第2の所定値における前記第2の関数値は、0としているので、前記可動部は、変位端において衝突することなく完全に停止することができる。

【0016】請求項4記載の本発明によれば、請求項3記載の発明の効果に加えて、前記距離が第2の所定値より小さいとき、速度目標関数値は恒に0としているの

4

で、もし何らかの外乱により可動子の距離が小さい方にずれても、その位置を保持することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】次に図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図2は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置を車両用内燃機関に適用した全体構成を示す図である。

【0018】同図に示すように、エンジンのシリンダ51の上部に固定されたシリンダヘッド52には、吸気弁または排気弁となる弁54（図2では単一の弁のみを示す）が設けられている。弁54から上方に伸延する弁軸54aの上部には、スプリングリテーナ55が固定され、スプリングリテーナ55とシリンダヘッド52との間には弁54を開弁側に付勢するコイルスプリング56が設けられている。

【0019】またシリンダヘッド52の上部には電磁弁のケースとなるハウジング60が立設されている。ハウジング60の内部には、閉弁側電磁石11と、開弁側電磁石12とが所定の間隔をあけて上下に対向する位置に固定されている。これら閉弁側電磁石11と開弁側電磁石12との間には、軟磁性体の可動子（アーマチュア）57が可動子軸部材57aにより上下に滑動可能に支持されている。

【0020】閉弁側電磁石11より上部の位置には、可動子軸部材57aにスプリングリテーナ58が固定され、ハウジング60の天井内面とスプリングリテーナ58との間には、可動子57を開弁側に付勢するコイルスプリング59が設けられている。

【0021】またハウジング60の天井部には、可動部の速度を検出し速度信号を出力する可動部速度センサ2、可動部の位置を検出し位置信号を出力する可動部位置センサ3が設けられ、これらの速度信号及び位置信号は、電磁駆動弁の制御装置である制御装置1に伝えられるようになっている。

【0022】さらに制御装置1は、エンジン制御ECU8から開弁指令／閉弁指令が伝達され、制御装置1は閉弁側電磁石電流制御部9及び開弁側電磁石電流制御部10に対して電流目標値を出力するようになっている。

【0023】閉弁側電磁石電流制御部9及び開弁側電磁石電流制御部10は、それぞれ入力された電流目標値に応じたPWM制御により電源部13から各電磁石11、12へ電流を供給することにより電磁力を制御できるようになっている。

【0024】図1は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第1実施形態の構成を示すブロック図である。同図において、制御装置1は、可動子57の速度を検出し速度信号を出力する可動部速度センサ2と、可動子57の位置を検出し位置信号を出力する可動部位置センサ3と、可動部位置センサが出力する位置信号に基づいて可動部の速度目標値を生成する速度目標値生成部5と、可

5

動部速度センサ2が出力する速度信号と速度目標値とを比較する比較部4と、比較部4の比較結果に応じて閉弁側電磁石11または開弁側電磁石12に通電すべき電流目標値を生成する電流目標値生成部6と、閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10のいずれに電流目標値を供給するかを切り換える切替器7を備えている。エンジン制御ECU8、閉弁側電磁石電流制御部9、開弁側電磁石電流制御部10、閉弁側電磁石11、開弁側電磁石12は、図2で説明した構成要素と同じ構成要素である。

【0025】特許請求範囲の請求項1と図1の構成要素との対応は、以下の通りである。可動子または弁である可動部の位置を検出する位置検出手段は可動部位置センサ3、可動部の速度を検出または推定する速度検出手段は可動部速度センサ2、可動部の位置に応じて可動部の速度目標値を生成する速度目標値生成手段は速度目標値生成部5、検出された速度と生成された速度目標値とを比較する比較手段は比較部4、にそれぞれ相当する。さらに、比較手段の比較結果に応じて電磁石に通電する電流値を制御する電流制御手段(図1中に符号13で示す)は、電流目標値生成部6、切替器7、閉弁側電磁石電流制御部9及び開弁側電磁石電流制御部10に相当する。

【0026】次に、電磁駆動弁および電磁駆動弁の制御装置の動作を説明する。可動子57はコイルスプリング56、59に懸吊されており、閉弁側電磁石11および開弁側電磁石12が通電していないとき、閉弁側電磁石11と開弁側電磁石12の概略中央に位置するように、それぞれのコイルスプリング56、59の寸法及びバネ定数が設定されている。

【0027】ここで、コイルスプリング56、59と、弁54及び可動子57を含む可動部とで構成されるバネ・マス系の固有振動数 f_0 は、合成バネ定数を K 、合計慣性質量を m とすると、 $f_0 = \sqrt{K/m}$ であることが知られている。

【0028】さてエンジン始動前の初期動作において、上記固有振動数 f_0 に対応する周期で閉弁側電磁石11と開弁側電磁石12に交互に通電する。そして、可動部を共振させることにより徐々に可動部の振幅を増大させ、初期動作の最終段階で、例えば閉弁側電磁石11に可動子が吸着され、この吸着状態が保持される。

【0029】次に、エンジンの始動時または通常の稼働時には、例えば弁を開く時はまず閉弁側電磁石11の電流が切られ、可動部はコイルスプリングのバネ力により下方に移動を開始する。摩擦などによるエネルギー損失のため、バネ力だけで弁全開位置まで可動子57を移動させることはできない。そこで、可動子57が開弁側電磁石12に十分近づき、電磁力が有効となる位置で開弁側電磁石12が通電され、可動子57の運動を助勢する。

6

【0030】このとき制御装置1は可動部位置センサ3及び可動部速度センサ2から、可動子57の位置及び速度を入力し、可動部の速度が速度目標値を追従するように開弁側電磁石電流制御部10に指令値を発する。制御装置の指令値に応じて開弁側電磁石12の電流が制御された結果(開弁側電磁石12の電磁力が制御された結果)、可動子57と開弁側電磁石12は所定の速度以下(例えば0.1[m/s]以下)で当接し、そこで可動部が停止する。もしくは、可動部の速度は開弁側電磁石12と可動子57のギャップが例えば数百ミクロンになる位置で停止する。

【0031】図3は、上記の可動子の位置/速度位相面における軌跡を示すグラフである。同図において、X軸は開弁側電磁石と可動部との距離 x (ギャップ)であり、Y軸は x の時間微分である速度 $v(=dx/dt)$ を示す。可動子は可動部動作開始点101から出発し、自由運動軌跡102に沿って $x1$ へ向かって運動する。

【0032】そして $x=x1$ に達した時点から、可動子の速度制御が開始され、例えば直線による速度目標関数103に沿った運動となる。この速度目標関数は、 $x=x1$ における目標値 $r1$ を、そのときに検出された速度 $v(x1)$ に一致させている。そして可動子は速度制御により速度を減少させながら $x=x2$ である可動部動作終了点104に到達するとともに、 $x=x2$ では速度目標値 $r2=0$ となり、可動子が可動部動作終了点104で停止するように電磁石の電磁力が制御される。

【0033】弁を閉じるときは開弁側電磁石12の電流は切られる。可動子57と弁54はコイルスプリング59およびコイルスプリング56の力により上方へ移動するが、摩擦などによるエネルギー損失のため、バネ力だけで閉弁位置まで可動子57を移動させることはできない。

【0034】そこで、可動子57が開弁側電磁石11に十分近づき、電磁力が有効となる位置で閉弁側電磁石11が通電され、可動子57の運動を助勢する。まず、弁が閉位置となり、一体化して移動していた弁と可動子57が分離する。可動子57は電磁力に助勢されてそのまま閉弁側電磁石11に接近する。

【0035】制御装置は弁54と弁座52aとが衝突することがないように、また、可動子57と電磁石11、12とが衝突することがないように可動部位置センサ3もしくは可動部速度センサ2が可動部の運動を検出し、閉弁側電磁石電流制御部9により閉弁側電磁石11の電流を調節する。

【0036】このとき弁と弁座52a、もしくは可動子57と閉弁側電磁石11とが当接する速度は、例えば0.1[m/s]以下になるよう可動部の速度が制御される。あるいは、可動子57と閉弁側電磁石11とのギャップが数百ミクロン以下となったとき、可動子57の目標速度がゼロとなり、可動子57は閉弁側電磁石11

7

とのギャップが数百ミクロンの位置で停止するように制御されるので、衝突することがなくなり、騒音発生が防止され、電磁駆動弁の寿命が延延する。

【0037】制御装置1はエンジン制御ECU8より開弁指令または閉弁指令を入力する。開弁指令であれば開弁側電磁石電流制御部10、閉弁指令であれば閉弁側電磁石電流制御部9をそれぞれ切替器7で選択し、選択さ*

$$r = \begin{cases} v(t) & (x(t) > x_1) \\ r(x) & (x(t) \leq x_1) \end{cases} \quad (1)$$

式(1)に示すように発生される。

【0039】ここで、 x は可動部位置センサ3の出力から演算される可動子57と可動子57を引きつけている電磁石と距離(ギャップ)、 t は時刻である。 v は可動部速度センサ2が検出した可動部の速度、または可動部位置センサ3が検出した位置信号の出力から演算される x の時間微分値である。 $r(x)$ はギャップの関数として与えられる速度目標関数であり、ギャップが次第に小さくなり x が第1の所定値 x_1 になった時点 t_1 で決定される。 x_1 はギャップが小さくなり電磁力が有効になるギャップ長を基準に選ばれ、実際には1~3[mm]程度である。

【0040】 $r(x)$ は次の条件を満たすように決定される。

【0041】

【数2】

$$r(x_1) = r_1 = v(t_1) \quad (2)$$

【数3】

$$r(x_2) = r_2 \quad (3)$$

あるいは(請求項4)

※30

$$r(x) = \frac{r_2 - r_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + r_1 \quad (7)$$

となる。勿論、2次、3次曲線等の曲線で内挿してもよい。

【0045】速度目標値 $r(x)$ は可動部速度 v と比較部4により比較され、比較信号 $(v - r(x))$ が電流目標値生成部6に出力される。電流目標値生成部6で★

$$i^*(t) = \begin{cases} -k \{v - r(x)\} & (r(x) - v > 0) \\ 0 & (r(x) - v \leq 0) \end{cases} \quad (8)$$

ここで k は適当に決める正の定数(フィードバックゲイン)である。 $x < x_1$ の区間では $r(x) = v$ であるから速度制御は発生しない。

【0047】この電流目標値を電磁石の通電電流として、切替器7を介して閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10に伝達される。そして、閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10がPWM制御により電源部13から供給される電流

8

られた側に電流目標値生成部6が生成する電流目標値が出力される。

【0038】電流目標値生成部6は可動部の位置および速度を入力し、次のように電流目標値を生成する。まず速度目標値 r は、

【数1】

※【数4】

$$r(x) = r_2 \quad (x < x_2) \quad (4)$$

【0042】ここで x_2 は第2の所定値、 r_2 は可動子57と電磁石11または12の当接速度を設計するパラメータであり、概略0または0を選択し、衝突を避けることができる。例えば、可動子57を0.05[m/s]で電磁石に当接させるのであれば、

【数5】

$$x_2 = 0, \quad r_2 = 0.05 \text{ [m/s]} \quad (5)$$

とする。

【0043】あるいは可動子57を電磁石の寸前(実際には200[μm]程度)で停止保持するのであれば

【数6】

$$x_2 = 200 \text{ [μm]}, \quad r_2 = 0 \text{ [m/s]} \quad (6)$$

とする。

【0044】 $x_2 < x < x_1$ の区間では x_1 のとき及び x_2 のときの関数値を内挿する。例えば、直線で内挿する場合は、

【数7】

★は、電流目標値 $i^*(t)$ は次に示す式(8)のように発生される。

【0046】

【数8】

のON/OFF比を制御することにより通電電流の大きさが制御され、結果として可動子に作用する電磁力が制御され、可動部の速度が制御される。

【0048】図4は、以上の制御装置1の動作をフローチャートとして図示したものである。図4において、所定時間毎に可動部の位置と速度とを読み込んで、速度目標関数の算出、電流目標値の算出及び出力を行う第1のフローと、エンジン制御ECUからの弁開閉指令により

9

閉弁側電磁石電流制御部 9 と開弁側電磁石電流制御部 10 とを選択切換する第 2 のフローとが並列に処理可能である。

【0049】すなわち、制御の開始と共に制御フローは 2 分岐され、ステップ S10 以下の処理とステップ S22 以下の処理とが並列に実行可能であるが、直列に実行する場合には、時間待ちを含まないステップ S22 ~ S30 を先に実行するのが好ましい。

【0050】ステップ S10 では、制御装置 1 に内蔵される図示されないタイマーから時間読み込みが行われ、次いで所定間隔の制御時刻が到来しているか否かを判定する（ステップ S12）。制御時刻が到来していなければステップ S10 に戻り、制御時刻が到来していれば可動部位置センサ 3 及び可動部速度センサ 2 から位置信号 x 及び速度信号 v を読み込む（ステップ S14）。

【0051】次いで位置信号 x が制御対象範囲にあれば、速度目標値生成部 5 で速度目標関数 $r(x)$ を算出し（ステップ S16）、次いで比較部 4 及び電流目標値生成部 6 の協働により電磁石に通電すべき電流目標値 i^* を算出し（ステップ S18）、この電流目標値を切替器 7 により選択された閉弁側電磁石電流制御部 9 または開弁側電磁石電流制御部 10 のいずれか一方に供給して終了する（ステップ S20）。

【0052】ステップ S10 と分岐したステップ S22 では、エンジン制御 ECU 8 から弁開閉指令を読み込み、次いで開弁指令か否かを判定し（ステップ S24）、開弁指令であれば、開弁側電磁石電流制御部 10 を電流目標値生成部 6 に接続するよう切替器 7 を切り替え（ステップ S26）て終了する。ステップ S24 で開弁指令でなければ、次いで閉弁指令か否かを判定し（ステップ S28）、閉弁指令であれば、閉弁側電磁石電流制御部 9 を電流目標値生成部 6 に接続するよう切替器 7 を切り替え（ステップ S30）て終了する。

【0053】電磁駆動弁では、ギャップ x が大きいときは電磁石に通電しても可動子に作用する力は極めて小さく、流した電流は制御結果への効果が少なく、無駄な電力消費となる。本実施形態では $x = x_1$ となり電磁力が可動子に有効に作用する位置から可動部の速度制御を開始し、電磁力が可動子に有効に作用しない位置においては電磁石に通電しないため、無駄な電力消費を避けることができる。

【0054】また電磁駆動弁では、バネ・マス系が固有振動数を持つと雖もエンジンの筒内圧や摩擦力などの弁にかかる力が動作条件や経年変化により変化するため、通電を停止された一方の電磁石の近傍から他方の電磁石の電磁力が有効になる距離（ $x = x_1$ ）に可動子が到達するまで時間は一定ではない。このような場合にも本発明によれば可動子の速度制御が不能となることはない。

【0055】図 5 は、本発明における速度目標値が位置の関数として生成されることによる効果を説明する図で

10

ある。同図に示すように、本発明では一般の制御系に見られるように速度目標値又は電流目標値を時間の関数 110 として発生するのではなく、位置（ギャップ） x の関数 113 としたため、正確なタイミングで制御を開始することができる。

【0056】電磁駆動弁では、例えば突発的な不整燃焼の影響で弁の動きが遅れる（途中で一時的に停留する）ことがある。図 5（a）に示すように、弁の動作が正常な場合の速度 111 を基準に時刻に対し速度目標値 110 をたてると、弁の動作に時間的遅れが生じた場合の速度 112 がある時刻以降恒に目標値 110 を上回ることになる。電磁力では可動子を減速させることはできないから、このような場合は速度制御不能に陥る。

【0057】本発明では、図 5（b）の符号 112 に示すように、弁の動作に時間的に遅れが生じたとしても、位置の関数として速度目標値 113 が生成されるので、時間領域で見ると、正常なときの速度目標値 113 が、可動部の遅れに応じて遅延された 113a として発生され、速度制御可能の状態が継続する。

【0058】本発明では、速度制御を開始する時点（ t_1 ）では、速度目標値の可動部の速度 v と（概略）等しく選ばれる。そのため、制御開始時点において制御誤差は概略ゼロであり、 \dot{v} を $r(x)$ に一致させるのに過大な電流（電磁力）の応答を必要としない。そのため比較的小規模な電気・磁気回路、及び比較的低電圧の電源電圧で可動部の速度を制御することができる。

【0059】尚、本実施形態の変形例として、可動部速度センサ 2 に代えて可動部位置センサ 3 の出力信号を時間微分して速度信号を得る微分手段を用いても良いことは、明らかである。

【0060】（第 2 の実施形態）図 6 は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第 2 実施形態の構成を説明するブロック図である。本実施形態においては、第 1 実施形態の可動部速度センサ 2 に代えて、閉弁側電磁石 11 または開弁側電磁石 12 に通電される電流値を検出する電磁石電流センサ 16 と、可動子速度推定部（オブザーバ）17 とを備えた制御装置 15 が用いられている。その他の構成は第 1 実施形態と同様である。この電磁石電流センサ 16 は、閉弁側電磁石電流制御部 9 または開弁側電磁石電流制御部 10 の出力電流を直列低抵抗により検出してもよいし、電磁石 11、12 の磁束を検出して電流に換算する形式でも良い。

【0061】本実施形態の特徴は、可動部の速度を直接検出する代わりに、電磁石電流センサ 16 が検出した電磁石 11、12 の通電電流と、可動部位置センサ 3 が検出した可動部の位置とに基づいて、可動子速度推定部 17 が可動子の速度を推定することである。

【0062】可動部の質量 m 、可動部に関わるバネ定数 k 、可動部に関わる粘性定数 c 、電磁力を F とすると、可動部の運動は、

11

12

【数9】

$$dz/dt = A_p z + B_p (F + \gamma) \quad (9)$$

$$x = C_p z \quad (10)$$

$$z = \begin{bmatrix} x \\ v \end{bmatrix}, \quad A_p = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -k/m & -c/m \end{bmatrix}, \quad B_p = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/m \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$C_p = [1 \quad 0] \quad (12)$$

$$F = F(x, i) \quad (13)$$

式(9)～(13)で表される。

【0063】ここで $F(x, i)$ は磁気回路の形状や材質などにより決まる関数であり、磁場解析などの手段によりあらかじめ知ることができる。 γ はバネ力のうち、オフセット加重成分である。これらの式を元に、可動部*

*の速度は直接可動部速度センサ2で検出する代わりに、位置 x と電流 i から以下の式(14)～(16)を用いる可動部速度推定部17で推定することができる。

【0064】

【数10】

$$dy/dt = Ay + H(x - Cy) + BF(x, i) \quad (14)$$

$$ve = [0 \ 0 \ 1] y \quad (15)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ B_p & A_p \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ B_p \end{bmatrix}, \quad C = [0 \quad C_p] \quad (16)$$

ここで ve は速度 v の推定値である。推定された可動子の速度は、第1実施形態と同様に比較部4へ入力され、以下の処理内容は第1実施形態と同様であり、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第1の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明が適用される電磁駆動弁の構成を示す概念図である。

【図3】実施形態における速度目標関数の生成法を説明する位置/速度位相面における可動部の軌跡を示すグラフである。

【図4】本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の動作を説明するフローチャートである。

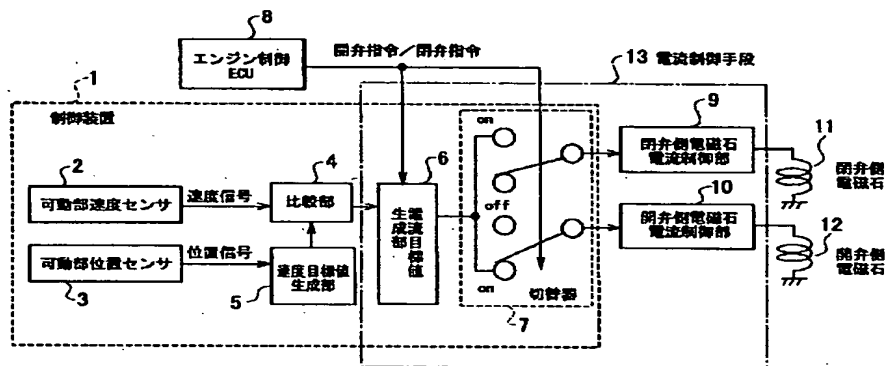
【図5】速度目標値として位置関数を用いる場合と、時間関数を用いる場合との比較を説明するグラフである。

【図6】本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第2の実施形態の構成を示すブロック図である。

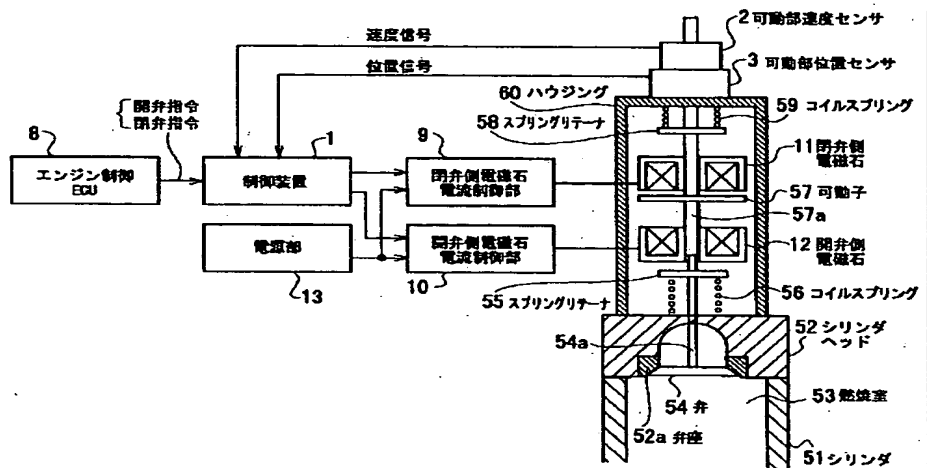
【符号の説明】

- 1 制御装置
- 2 可動部速度センサ
- 3 可動部位置センサ
- 4 比較部
- 5 速度目標値生成部
- 6 電流目標値生成部
- 7 切替器
- 8 エンジン制御ECU
- 9 閉弁側電磁石電流制御部
- 10 開弁側電磁石電流制御部
- 11 閉弁側電磁石
- 12 開弁側電磁石

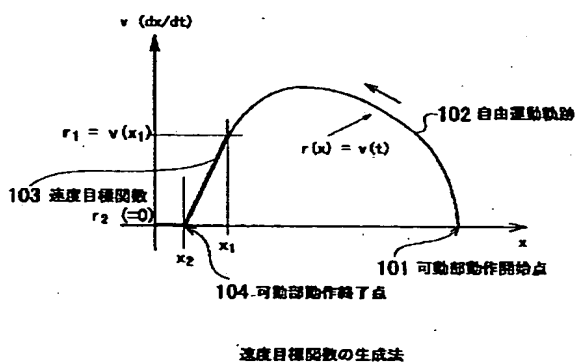
【図1】



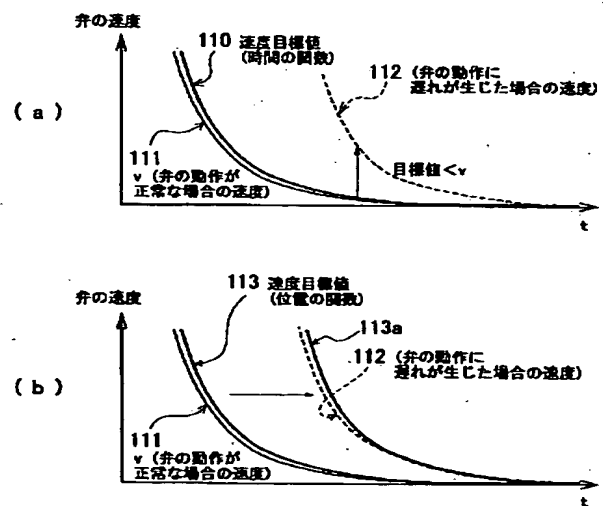
【図2】



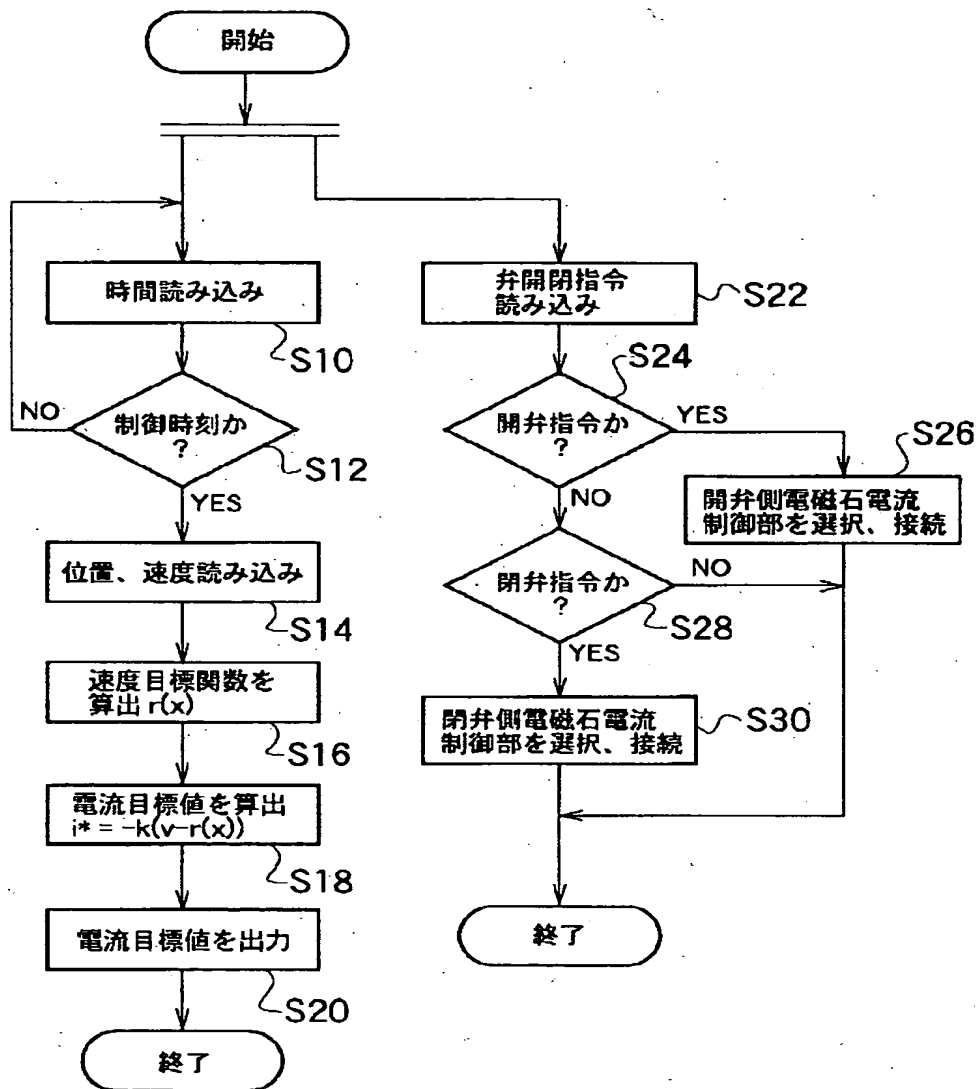
【図3】



【図5】



【図4】



【図6】

